

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

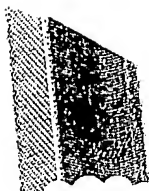
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

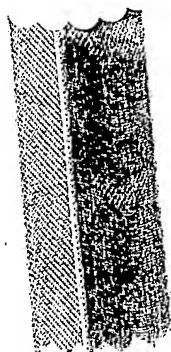
出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 2月21日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-044443
[ST. 10/C]: [JP2003-044443]

出 願 人
Applicant(s): 株式会社東芝



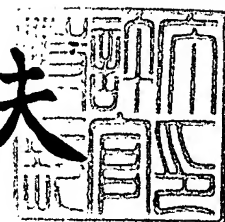
CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT



特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

2004年 1月 7日

今 井 康 夫



出証番号 出証特2003-3109106

【書類名】 特許願

【整理番号】 APB027024

【提出日】 平成15年 2月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 リソグラフィシミュレーション方法、マスクパターン補正方法及び処理基板形状補正方法

【請求項の数】 8

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 佐藤 隆

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 田中 聡

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 中野 亜矢子

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

 【識別番号】 100083806

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 三好 秀和

 【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】 100100929

【弁理士】

【氏名又は名称】 川又 澄雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100108707

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 友之

【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 俊雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 リソグラフィシミュレーション方法、マスクパターン補正方法及び処理基板形状補正方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 投影レンズにより一定の開口角度にて集められた光が照射される処理基板の表面を、前記光の全部が照射される第 1 の領域と、前記光の一部のみが照射される第 2 の領域とに区分けする段階と、

前記第 1 の領域に照射される前記光の強度を求める段階と、

前記第 2 の領域に照射される前記光の強度を求める段階

とを有することを特徴とするリソグラフィシミュレーション方法。

【請求項 2】 前記第 2 の領域は、前記開口角度よりも小さい傾斜角度を有する前記表面上の段差部によって前記光の残り部分が遮られる領域であることを特徴とする請求項 1 記載のリソグラフィシミュレーション方法。

【請求項 3】 前記段差部に直交するマスクパターンを前記処理基板に転写する時に、前記第 2 の領域に照射される前記光の強度は、前記第 1 の領域から見た前記投影レンズの光源形状の面積に対する前記第 2 の領域から見た前記光源形状の面積の割合に基づいて求められることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のリソグラフィシミュレーション方法。

【請求項 4】 前記表面上の段差部によって前記光の残り部分がけられる場合、前記光の強度を求めるときに用いる前記投影レンズの射出ひとみの形状は、前記光のけられる量に応じてけられた形状として光の強度分布を求めることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のリソグラフィシミュレーション方法。

【請求項 5】 前記第 1 の領域から見た前記投影レンズの光源形状の面積に対する前記第 2 の領域から見た前記光源形状の面積の割合は、前記段差部の高さ、前記段差部の頂点からおろした垂線からの距離によって定まることを特徴とする請求項 3 記載のリソグラフィシミュレーション方法。

【請求項 6】 前記処理基板上に前記光を透過する物質が配置されている時、前記開口角度は、前記物質の屈折率を考慮してスネルの法則を用いて設定されることを特徴とする請求項 1 記載のリソグラフィシミュレーション方法。

【請求項 7】 投影レンズにより一定の開口角度にて集められた光が照射される処理基板の表面を、前記光の全部が照射される第 1 の領域と、前記光の一部のみが照射される第 2 の領域とに区分けする段階と、

前記第 1 の領域に照射される前記光の強度を求める段階と、

前記第 2 の領域に照射される前記光の強度を求める段階と、

前記第 1 及び第 2 の領域に照射される前記光の強度に基づいて、マスクパターンを用いて前記処理基板に転写される露光パターンを計算する段階と、

前記露光パターンと所望の設計パターンの間の変動量を減じる補正を、前記マスクパターンの形状に対して施す段階

とを有することを特徴とするマスクパターン補正方法。

【請求項 8】 投影レンズにより一定の開口角度にて集められた光が照射される処理基板の表面を、前記光の全部が照射される第 1 の領域と、前記光の一部のみが照射される第 2 の領域とに区分けする段階と、

前記第 1 の領域に照射される前記光の強度を求める段階と、

前記第 2 の領域に照射される前記光の強度を求める段階と、

前記第 1 及び第 2 の領域に照射される前記光の強度に基づいて、前記処理基板に転写される露光パターンを計算する段階と、

前記露光パターンと所望の設計パターンの間の変動量を減じる補正を、前記処理基板の形状に対して施す段階

とを有することを特徴とする処理基板形状補正方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明はリソグラフィシミュレーション方法、マスクパターン補正方法及び処理基板形状補正方法に係り、特に、処理基板の表面における光強度の分布を求めるリソグラフィシミュレーション技術に係る。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体装置のリソグラフィ工程において、処理基板の表面に凹凸などの段差部

があり、処理基板の表面に照射される光の一部がこの段差によって遮られてしまうことがある。しかしながら、従来のリソグラフィシミュレーションにおいては、光が処理基板の表面に対して垂直方向から入射し垂直方向に射出すると仮定する「簡易的な方法」にて処理基板の表面における光強度の分布を計算していた（例えば、特許文献 1 参照。）。或いは、段差部での光強度分布をマックスウェルの方程式を解くことにより計算する「厳密な方法」もあった。

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 6 4 7 5 号公報

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記の厳密な方法においては、計算に要する時間が膨大であり、実用的観点から好ましくなかった。一方、上記の簡易的な方法は、段差部の凹凸がある程度なだらかである場合、ある程度の計算精度を得ることが出来た。しかし、処理基板上に急峻な凹凸がある場合は計算精度が悪かった。この計算精度の悪さは、段差部での光の反射方向が垂直方向からずれるためだと考えられ、上記の厳密な方法を用いて計算する以外に計算精度を良くする方法はないと考えられていた。

【 0 0 0 5 】

本発明はこのような従来技術の問題点を解決するために成されたものであり、その目的は、高速かつ高精度なリソグラフィシミュレーション方法、マスクパターン補正方法及び処理基板形状補正方法を提供することである。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明の第 1 の特徴は、投影レンズにより一定の開口角度にて集められた光が照射される処理基板の表面を、光の全部が照射される第 1 の領域と、光の一部分のみが照射される第 2 の領域とに区分けする段階と、第 1 の領域に照射される光の強度を求める段階と、第 2 の領域に照射される光の強度を求める段階とを有するリソグラフィシミュレーション方法であることを要旨とする。

【0007】

本発明の第2の特徴は、投影レンズにより一定の開口角度にて集められた光が照射される処理基板の表面を、光の全部が照射される第1の領域と、光の一部のみが照射される第2の領域とに区分けする段階と、第1の領域に照射される光の強度を求める段階と、第2の領域に照射される光の強度を求める段階と、第1及び第2の領域に照射される光の強度に基づいて、マスクパターンを用いて処理基板に転写される露光パターンを計算する段階と、露光パターンと所望の設計パターンの間の変動量を減じる補正を、マスクパターンの形状に対して施す段階とを有するマスクパターン補正方法であることを要旨とする。

【0008】

本発明の第3の特徴は、投影レンズにより一定の開口角度にて集められた光が照射される処理基板の表面を、光の全部が照射される第1の領域と、光の一部のみが照射される第2の領域とに区分けする段階と、第1の領域に照射される光の強度を求める段階と、第2の領域に照射される光の強度を求める段階と、第1及び第2の領域に照射される光の強度に基づいて、処理基板に転写される露光パターンを計算する段階と、露光パターンと所望の設計パターンの間の変動量を減じる補正を、処理基板の形状に対して施す段階とを有する処理基板形状補正方法であることを要旨とする。

【0009】**【発明の実施の形態】**

以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。図面の記載において同一あるいは類似の部分には同一あるいは類似な符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、層の厚みと幅との関係、各層の厚みの比率などは現実のものとは異なることに留意すべきである。また、図面の相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることはもちろんである。

【0010】**(第1の実施の形態)**

本発明の第1の実施の形態に係るリソグラフィシミュレーション方法は、例えば、図1に示すリソグラフィシミュレーション装置を用いて実施することが出来

る。リソグラフィシミュレーション装置は、処理基板の表面に照射される光の強度の面内分布を計算する機能を有する演算部 1 と、この演算部 1 に接続された投影光学系定数記憶部 2、処理基板形状記憶部 3、マスクパターン記憶部 4 及びプログラム記憶部 5 とを少なくとも有する。演算部 1 は、投影レンズにより一定の開口角度にて集められた光が照射される処理基板の表面を、光の全部が照射される第 1 の領域と、この光の一部分のみが照射される第 2 の領域とに区分けする領域区分け部 9 と、第 1 の領域に照射される光の強度を求める第 1 の光強度計算部 10 と、第 2 の領域に照射される光の強度を求める第 2 の光強度計算部 11 とを有する。

【0011】

投影光学系定数記憶部 2 は、リソグラフィシミュレーションに必要な投影光学系定数を記憶する。投影光学系定数には、光学系のひとみ関数 $P(\xi, \eta)$ 、光学系の開口関数 $P_0(\xi, \eta)$ 、投影レンズの開口数 NA_p 、投影レンズの開口角度 α 、投影レンズの波面収差 $W(\xi, \eta)$ 、照明光学系の開口数と投影光学系の開口数との比を示すパーシュルコヒーレンスレシオ（コヒーレンシー） σ 、フーリエスペクトル a 、相互透過関数（Transmission Cross-Coefficient: TCC） $T(f_1, f_2; g_1, g_2)$ などが含まれる。処理基板形状記憶部 3 は、処理基板の形状に関するデータを記憶する。処理基板の形状には、処理基板の表面に形成された凹凸による段差部の形状などの処理基板の立体的形状が含まれる。マスクパターン記憶部 4 は、光の照射により処理基板の表面に転写されるマスクパターンの形状に関するデータを記憶する。プログラム記憶部 5 は、処理基板の表面における光強度の分布を計算する為のコンピュータ読み取り可能なプログラムを固定的に記憶する。

【0012】

演算部 1 は、通常のコンピュータシステムの中央処理装置（CPU）の一部を構成する。なお、図示は省略するが、演算部 1 には、処理基板の表面における光強度の分布を計算する為のコンピュータ読み取り可能なプログラム及び演算部 1 が処理するデータを一時的に記憶する主記憶装置が接続されている。投影光学系定数記憶部 2、処理基板形状記憶部 3、マスクパターン記憶部 4、及びプログラ

ム記憶部 5 は、それぞれ、半導体 ROM、半導体 RAM 等の半導体メモリ装置、磁気ディスク装置、磁気ドラム装置、磁気テープ装置などの補助記憶装置で構成してもよく、CPU の内部の主記憶装置の一部で構成しても構わない。演算部 1 は、入出力制御部 6 を介して操作者からのデータや命令などの入力を受け付ける入力装置 7、及び処理基板の表面における光強度の分布を出力する出力装置 8 に接続されている。入力装置 7 は、キーボード、マウス、ライトペン又はフレキシブルディスク装置から構成されている。出力装置 8 は、ディスプレイ装置やプリンタ装置から構成されている。

【0013】

図 2 に示すように、処理基板 29 は、例えば、半導体基板 27 と、半導体基板 27 の表面に堆積されたポリシリコン膜 28 とを有する。ポリシリコン膜 28 は、例えば MOS 型トランジスタのゲート電極として機能し、所定の形状にパターニングされている。よって、ポリシリコン膜 28 の外周と半導体基板 27 との間に段差部が形成される。

【0014】

この処理基板 29 の表面に投影レンズにより一定の開口角度 α にて集められた光が照射される。処理基板 29 の表面に段差部がある場合、段差部の上方に位置するポリシリコン膜 28 に光が照射され、段差部の下方に位置する半導体基板 27 の表面に影が出来る。つまり、段差部のポリシリコン膜 28 によって、開口角度 α で集光する光の一部にけられが生じる。換言すれば、段差部近傍の半導体基板 27 の表面からは、投影レンズの射出ひとみ 25 の一部分のみを見ることが出来、射出ひとみ 25 の残り部分がけられたようになる。このけられた部分を「けられ部分」23 という。射出ひとみ 25 のけられ部分 23 はマスクパターン 22 の結像に寄与しない。また、光のけられの量は、段差部の高さや段差部の頂点から下ろした垂線からの距離に依存する。一方、ポリシリコン膜 28 の表面及び段差部から離れた半導体基板 27 の表面には光全体が照射される。したがって、光のけられの有無及びその程度によって、処理基板 29 の表面に照射される光の強度が異なってくる。なお、処理基板 29 の表面には、露出した半導体基板 27 及びポリシリコン膜 28 の表面が含まれる。領域区分け部 9 は、処理基板 29 の表

面を、光全体が照射される領域（第 1 の領域）と光の一部分のみが照射され、光の残り部分にけられが生じる領域（第 2 の領域）とに区分けする。

【0015】

なお、マスクパターン 22 が下地パターンであるポリシリコン膜 28 の平面形状に対して直交しない場合、射出ひとみ 25 のけられ部分 23 は、マスクパターン 22 から発生する複数の回折光に対してそれぞれ異なる割合で重なり合う。例えば、図 2 に示すように、マスクパターン 22 が下地パターンであるポリシリコン膜 28 の平面形状に対して平行に配置されている場合、マスクパターン 22 の 0 次光 26 b 及び +1 次光 26 a は、けられ部分 23 と重なり合うことはないが、-1 次光 26 c はけられ部分 23 と重なり合う。射出ひとみ 25 のけられ部分 23 は結像に寄与しない。よって、射出ひとみ 25 の形状によって光の強度を求めればよい。

【0016】

図 1 の領域区分け部 9 は、以下のようにして処理基板 29 の表面を第 1 の領域 30 或いは第 2 の領域 31 に区分けする。図 3 に示すように、光は開口角度 α にて処理基板 29 の表面に集光する。段差部の高さ、つまりポリシリコン膜 28 の厚さは h とする。段差部の頂点 45 から下ろした垂線から距離 s にある点から射出ひとみ 25 を見た場合を考える。段差部の頂点 45 と距離 s にある点を結ぶ線と段差部の頂点 45 から下ろした垂線とのなす角度 θ を (1) 式により定義する。なおここでは、段差部の傾斜角度が垂直であるため、段差部の傾斜面 32 から距離 s にある点について考える。

【0017】

$$\tan \theta = s / h \quad \cdots (1)$$

θ が α よりも大きい場合、傾斜面 32 から距離 s にある点から射出ひとみ 25 を見てもけられは生じない。つまり、 $\theta > \alpha$ を満たす点の集合は第 1 の領域 30 を形成する。一方、 θ が α と同じ或いは θ が α よりも小さい場合、傾斜面 32 から距離 s にある点から射出ひとみ 25 を見るとけられが生じる。つまり、 $\theta \leq \alpha$ を満たす点の集合は第 2 の領域 31 を形成する。なお、ポリシリコン膜 28 の上面は、光を遮る段差がない為、第 1 の領域 30 となる。このように、領域区分け

部 9 は、投影光学系定数記憶部 2 に記憶されている投影光学系定数、処理基板形状記憶部 3 に記憶されている処理基板の形状から、第 1 及び第 2 の領域 30、31 の区分けを行う。投影光学系定数には、投影レンズの開口数 NA_p 、開口角度 α 、パーシュルコヒーレンスレシオ σ が含まれる。処理基板の形状には、段差部の高さ h 及び傾斜面 32 の傾斜角度が含まれる。

【0018】

図 1 の第 1 の光強度計算部 10 及び第 2 の光強度計算部 11 は、第 1 の領域 30 及び第 2 の領域 31 に照射される光の強度を計算する。投影レンズの射出ひとみ 25 上の座標 (ξ, η) を用いて、波面収差を $W(\xi, \eta)$ と表す。また、光学系のひとみ関数 $P(\xi, \eta)$ は、(2) 式により表される。ひとみ関数 $P(\xi, \eta)$ は、光の解像度を考慮して設定され、射出ひとみ 25 のけれら部分 23 においては 0 となる。(2) 式において、 $P_0(\xi, \eta)$ は開口関数を示し、射出ひとみ 25 の内側で 1、その外側で 0 であるような関数である。 k は波数であり、光の波長を λ とすると $k = 2\pi/\lambda$ である。

【0019】

【数 1】

$$P(\xi, \eta) = P_0(\xi, \eta) \exp(ikW(\xi, \eta)) \quad \dots (2)$$

透過照明された物体の像が光学系によって結像されるとき、その像の強度分布 $I_0(x, y)$ は、(3) 式により表される。

【0020】

【数 2】

$$I_0(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} T(f_1, f_2; g_1, g_2) a(f_1, g_1) a^*(f_2, g_2) \exp[i(f_1 - f_2)x + i(g_1 - g_2)y] df_1 df_2 dg_1 dg_2 \quad \dots (3)$$

(3) 式において、 a は物体のフーリエスペクトルであり、 a^* はその複素共役である。 $T(f_1, f_2; g_1, g_2)$ は、光学系の周波数応答を表し、相互透過関数 (Transmission Cross-Coefficient: TCC) と呼び、(4) 式により表される。

【0021】

【数 3】

$$T(\xi_1, \xi_2; \eta_1, \eta_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(\xi, \eta) P(\xi - \xi_1, \eta - \eta_1) \times P(\xi - \xi_2, \eta - \eta_2) d\xi d\eta \quad \cdots (4)$$

(4) 式において、 $P(\xi, \eta)$ はひとみ関数を示し、 $S(\xi, \eta)$ は、ひとみ上の有効光源を表す関数を示す。有効光源の輝度分布が一様であるとする、 $S(\xi, \eta)$ は、半径 σ の円内で 1、その外側で 0 となる関数である。 σ はパーシュルコヒーレンスレシオを示す。以上、光の結像に関する一般的な扱いについて述べた。これに関しては、例えば、鶴田匡夫著「応用光学 1」（倍風館、1990 年）279 頁に述べられている。

【0022】

図 1 の第 2 の光強度計算部 11 は、射出ひとみ 25 のけられが生じる第 2 の領域 31 に照射される光の強度を求める。射出ひとみ 25 から見て影になる第 2 の領域 31 に照射される光の強度は、段差部の高さ h 及び段差部の頂点 45 から下ろした垂線からの距離 s にそれぞれ依存する。図 3 の段差部の頂点 45 から下ろした垂線から距離 s にある点から射出ひとみ 25 を見ると、図 4 に示すように、半径 NA_p の円からなる射出ひとみ 25 のうち、けられ部分 23 が段差部により遮光される。よって、結像計算する際、段差部の頂点 45 から下ろした垂線から距離 s によってけられた射出ひとみ 25 の形状によって光の強度を求めればよい。ここで、射出ひとみ 25 の中心 O からけられ部分 23 までの距離 d 及びけられ部分 23 の長さ $2e$ は、投影レンズの開口数 NA_p 、段差部の高さ h 、及び段差部の頂点 45 から下ろした垂線からの距離 s を用いて、(5) 式及び (6) 式によりそれぞれ表される。

【0023】

【数 4】

$$d = \sin \theta = s / \sqrt{s^2 + h^2} \quad \cdots (5)$$

【数 5】

$$e = \sqrt{NA_i^2 - d^2} = \sqrt{NA_i^2 - (s^2 + h^2)} \quad \cdots (6)$$

次に、図5を参照して、図1に示したリソグラフィシミュレーション装置を用いたリソグラフィシミュレーション方法を説明する。

【0024】

(イ) 先ずS01段階において、図1の領域分け部9は、投影レンズにより一定の開口角度 α にて集められた光が照射される処理基板29の表面を、光の全部が照射される第1の領域30と、光の一部のみが照射される第2の領域31とに区分けする。具体的には、領域分け部9は、投影レンズの開口数 NA_p 及びコヒーレンシー σ を含む投影光学系定数、及び段差部の高さ h 及び傾斜角度から、射出ひとみ25から見て影になる第2の領域31と、影がない第1の領域30とを区分けする。

【0025】

(ロ) S02段階において、図1の第1の光強度計算部10は、第1の領域30に照射される光の強度を求める。具体的には、第1の光強度計算部10は、(3)式を用いて、投影レンズにより一定の開口角度 α にて集められた光のうち第1の領域30に照射される光の強度 $I_0(x,y)$ を求める。

【0026】

(ハ) 最後にS03段階において、図1の第2の光強度計算部11は、第2の領域31に照射される光の強度を求める。具体的には、第2の光強度計算部11は、(3)式を用いて、投影レンズにより一定の開口角度 α にて集められた光のうち第2の領域31に照射される光の強度 $I_0(x,y)$ を求める。以上の手順を経て、処理基板29の表面における光強度の分布を求めることが出来る。

【0027】

以上説明したように、射出ひとみ25の形状に基づいて、処理基板29の表面の光強度の分布を計算する。このことにより、従来におけるマクスウェル方程式を用いたシミュレーション方法に比べて短時間に計算することが出来る。また、従来の光の入反射を平行光であると仮定したシミュレーション方法に比べて高精度に計算することが出来る。即ち、本発明の第1の実施の形態によれば、高速かつ高精度なリソグラフィシミュレーション方法を提供することが出来る。また、光強度の分布がレジスト中の光強度の分布である場合にはレジストの形状も高速

且つ高精度に計算することが出来る。

【0028】

上述したリソグラフィシミュレーション方法は、時系列的につながった一連の処理又は操作、即ち「手順」として表現することができる。従って、この方法を、コンピュータシステムを用いて実行するために、コンピュータシステム内のプロセッサなどが果たす複数の機能を特定するプログラムとして構成することができる。また、このプログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に保存することができる。この記録媒体をコンピュータシステムによって読み込ませ、このプログラムを実行してコンピュータを制御しながら上述した方法を実現することができる。この記録媒体は、図1に示したプログラム記憶部5として用いる、あるいはプログラム記憶部5に読み込ませ、このプログラムにより演算部1における種々の作業を所定の処理手順に従って実行することができる。ここで、このプログラムを保存する記録媒体としては、メモリ装置、磁気ディスク装置、光ディスク装置、その他のプログラムを記録することができるような装置が含まれる。

【0029】

図6に示すように、処理基板60の上に厚さ200nmのポリシリコン膜61が形成され、ポリシリコン膜61の外周において高さ200nmの垂直な段差部が形成されている。ポリシリコン膜61に隣接して、第1のレジストパターン62が形成されている。ポリシリコン膜61の外周から1 μ m離れて第2のレジストパターン63が形成されている。第1及び第2のレジストパターン62、63は、ともに膜厚500nm、幅250nmである。第1のレジストパターン62は第2の領域31内に配置され、第2のレジストパターン63は第1の領域30内に配置されている。

【0030】

図7(a)に示すように、第2のレジストパターン63の両側面64、65は左右対称な形状を有する。図7(b)に示すように、第1のレジストパターン62の両側面66、67は左右非対称な形状を有する。なぜなら、図2の+1次光26a、0次光26b、及び-1次光26cとの間で、くれら部分24とかなり

合う程度が異なるからである。また、処理基板 60 の表面における第 1 のレジストパターン 62 の幅は、第 2 のレジストパターン 63 の幅よりも広くなる。なぜなら、第 2 の領域 31 における光強度は、第 1 の領域 30 に比して弱いからである。

【0031】

(第 2 の実施の形態)

本発明の第 2 の実施の形態に係るリソグラフィシミュレーション方法は、第 1 の実施の形態と同様に、例えば、図 1 に示すリソグラフィシミュレーション装置を用いて実施することが出来る。リソグラフィシミュレーション装置は、処理基板の表面に照射される光の強度の面内分布を計算する機能を有する演算部 1 と、この演算部 1 に接続された投影光学系定数記憶部 2、処理基板形状記憶部 3、マスクパターン記憶部 4、及びプログラム記憶部 5 とを少なくとも有する。演算部 1 は、投影レンズにより一定の開口角度にて集められた光が照射される処理基板の表面を、光の全部が照射される第 1 の領域と、この光の一部分のみが照射される第 2 の領域とに区分けする領域区分け部 9 と、第 1 の領域に照射される光の強度を求める第 1 の光強度計算部 10 と、第 2 の領域に照射される光の強度を求める第 2 の光強度計算部 11 とを有する。

【0032】

図 8 に示すように、処理基板 29 は、例えば、半導体基板 27 と、半導体基板 27 の表面に堆積されたポリシリコン膜 28 とを有する。ポリシリコン膜 28 の外周と半導体基板 27 との間に段差部が形成される。マスクパターン 21 が下地パターンであるポリシリコン膜 28 の平面形状に対して直交する場合、投影レンズの射出ひとみ 25 のけられ部分 23 は、マスクパターン 21 から発生する複数の回折光に対して均等に重なり合う。具体的には、マスクパターン 21 の 0 次光 26 b、+1 次光 26 a、及び -1 次光 26 c は、投影レンズの射出ひとみ 25 のけられ部分 23 とそれぞれ均等に重なり合う。この場合には、0 次光 26 b の強度のみを計算すれば、+1 次光 26 a 及び -1 次光 26 c の強度を計算する必要はない。即ち、投影レンズ 25 の解像度を考慮しない簡易なモデルを用いてリソグラフィシミュレーションを実施することが出来る。マスクパターン 21 の 0

次光 26b は、照明の光源形状そのものを示し、光源がけられる様子を考慮すればよい。また第 2 の実施の形態では、段差部の傾斜角度が半導体基板 27 の表面に対して直角である場合について説明する。段差部の傾斜角度が垂直でない場合は図 11 を参照して後述する。

【0033】

領域区分け部 9 は、第 1 の実施の形態と同様にして、処理基板 29 の表面を光源形状のけられが生じない第 1 の領域 30、或いは光源形状のけられが生じる第 2 の領域 31 に区分けする。

【0034】

第 1 の光強度計算部 10 は、第 1 の領域 30 に照射される光の強度を計算する。第 1 の領域 30 に照射される光は、投影レンズ 25 により一定の開口角度 α にて集められた光の全部である。強度分布 $I_0(x, y)$ は、(3) 式により表される。

【0035】

第 2 の光強度計算部 11 は、光源形状のけられが生じる第 2 の領域 31 に照射される光の強度を求める。光源から見て影になる第 2 の領域 31 に照射される光の強度は、段差部の高さ h 及び段差部の頂点から 45 から下ろした垂線からの距離 s にそれぞれ依存する。光源形状全体の面積に対する段差部によってけられが生じる部分の面積の割合から、第 2 の領域 31 に入射する光の強度を決めることができる。

【0036】

図 3 の段差部の頂点 45 から下ろした垂線から距離 s にある点から光源を見ると、図 4 に示すように、半径 NA_p の円からなる光源形状のうち、けられ部分 23 が段差部により遮光される。第 2 の実施の形態において、図 4 の射出ひとみ 25 は光源形状を表しているとする。こうすると、円の半径は、照明レンズの開口数 NA_i となる。光源形状の中心 O からけられ部分 23 までの距離 d 及びけられ部分 23 の長さ $2e$ は、照明レンズの開口数 NA_i 、段差部の高さ h 、及び段差部の頂点から下ろした垂線からの距離 s を用いて、(5) 式及び (6) 式によりそれぞれ表される。したがって、けられ部分 23 の面積 A_s は (7) 式により表

される。

【0037】

【数6】

$$A_s = \pi \cdot NA_i^2 \cdot \frac{2\gamma}{2\pi} - e \cdot d \quad \dots (7)$$

また、光源の面積 A_i は (8) 式により表される。

【0038】

$$A_i = \pi \cdot NA_p^2 \quad \dots (8)$$

よって、光量の減衰量 $r(s, h)$ は、 s 及び h の関数として (9) 式により表される。

【0039】

$$r(s, h) = A_s / A_i \quad \dots (9)$$

従って、段差部により影が生じる第2の領域31での光強度 $I_1(x, y)$ は、(3) 式に示した光源全体の光強度 $I_0(x, y)$ 、及び (9) 式に示した光量の減衰量 $r(s, h)$ を用いて (10) 式により表わされる。

【0040】

$$I_1(-s, y) = I_0(-s, y) \cdot r(s, h) \quad \dots (10)$$

このようにして、第2の光強度計算部11は、段差近傍での光強度の分布を求めることができる。即ち、第2の領域31に照射される光の強度は、第1の領域30から見た光源形状の面積に対する第2の領域31から見た光源形状の面積の割合に基づいて求められる。第1の領域30から見た光源形状の面積に対する第2の領域31から見た光源形状の面積の割合は、段差部の高さ h と、段差部の頂点からおろした垂線からの距離 s によって定まる。なお、光強度の分布がレジスト中の光強度分布である場合には、レジストの露光量を計算することが出来、レジストの形状も計算できる。

【0041】

(実験例)

図9は、半導体基板27及びその上に形成されたポリシリコン膜28からなる処理基板上にポリシリコン膜28に直交する、均一な線幅を有する露光パターン

46を転写した場合の光強度の面内分布を示す。ポリシリコン膜28の膜厚つまり段差部の高さは200nmである。露光パターンは、 $0.25\mu\text{m}$ の線幅を有し、パターン部分に光が照射されないポジ型の露光パターンである。光の波長は248nmであり、投影レンズの開口数 NA_p は0.6、コヒーレンシー σ は0.75である。ポリシリコン膜28の外周と半導体基板27との間に段差部が形成されている。段差部近傍の半導体基板27の表面は光源のけられが生じる第2の領域31に相当し、その他の半導体基板27の表面及びポリシリコン膜28の表面は光全体が照射される第1の領域30に相当する。図9に示すように、第1の領域30に比べて第2の領域31の光強度は弱なる。その結果、第1の領域30における露光パターン46の線幅D1よりも第2の領域31における線幅D2の方が広くなる。

【0042】

図10に示すように、図9の第1の領域30のB-B切断面において、露光パターン46を除く領域に強い光が照射され、露光パターン46部分において急激に光強度が減少している。一方、図9の第2の領域31のA-A'切断面において、露光パターン46を除く領域の光強度はB-B'切断面のその約半分であり、露光パターン46部分における光強度の減少も緩やかである。このため、光強度が0.3以下となる領域を露光パターン46とした場合、第1の領域30における線幅D1よりも第2の領域31における線幅D2の方が広くなる。このシミュレーション結果は、実際のフォトリソグラフィ工程を忠実に再現していることが発明者らが行った実験により確認されている。

【0043】

(第1の変形例)

第1及び第2の実施の形態では、図3及び図8に示したように、段差部の傾斜面32が半導体基板27表面に対して垂直である場合について示した。しかし、本発明はこれに限定されることなく、傾斜面32が垂直でない場合について適用することが出来る。

【0044】

図11に示すように、半導体基板27及びその上に配置されたポリシリコン膜

2 8 からなる処理基板 2 9 の段差部に開口角度 α にて光が集光する。ポリシリコン膜 2 8 の傾斜面 3 2 は、段差部の頂点 4 5 から下ろした垂線に対して一定の傾斜角度 β をもって傾斜している。傾斜角度 β が投影レンズの開口角度 α よりも大きい場合、処理基板 2 9 の表面にある段差部によって射出ひとみの一部がけられることはなく、段差部近傍の半導体基板 2 7 の表面に第 2 の領域 3 1 は形成されない。しかし、傾斜角度 β が投影レンズの開口角度 α と同じ或いはそれよりも小さい場合、図 1 1 に示すように、処理基板 2 9 の表面にある段差部によって射出ひとみの一部がけられ、光全体が照射されない影となる第 2 の領域 3 1 が形成される。この場合においても、第 1 及び第 2 の実施の形態と同様にして、段差部の高さ h 及び段差部の頂点 4 5 から下ろした垂線からの距離 s に応じて、図 1 の領域区分け部 9 は第 1 及び第 2 の領域 3 0、3 1 を区分けし、第 2 の光強度計算部 1 1 は第 2 の領域 3 1 に照射される光強度を計算することができる。したがって、傾斜面 3 2 が垂直でない場合であっても、高速且つ高精度なリソグラフィシミュレーションを実施することが出来る。

【0 0 4 5】

(第 2 の変形例)

段差部のある半導体基板上に光を透過する材料が塗布または堆積している場合であっても、第 1 及び第 2 の実施の形態に係るリソグラフィシミュレーション方法を適用することが出来る。

【0 0 4 6】

図 1 2 に示すように、処理基板は、半導体基板 2 7 と半導体基板 2 7 の上に配置されたポリシリコン膜 2 8 及び光透過物 4 1 a、4 1 b とを有する。光透過物 4 1 a、4 1 b は、ポリシリコン膜 2 8 の側面に接して配置されている。光透過物 4 1 a、4 1 b の屈折率は n_1 であり、光透過物 4 1 a、4 1 b の上面及び側面は、半導体基板 2 7 の表面に対してそれぞれ平行及び垂直である。光透過物 4 1 a の上面に対して入射角度 α にて入射する光の一部は、屈折角度 β_1 にて光透過物 4 1 a へ入射する。光透過物 4 1 a の側面に対して入射角度 β_2 にて入射する光の一部は、屈折角度 β_3 にて光透過物 4 1 a から射出される。その後、入射角度 ω_1 にて半導体基板 2 7 の表面に照射される。なお、角度 α 、 β_1 、 β_2 、 β_3

、及び ω_1 は(11)式及び(12)式を満たす。このように、光透過物41a、41bの屈折率及び処理基板の形状を考慮してスネルの法則を用いることにより、半導体基板27への入射角度 ω_1 を求めることが出来、第1の実施の形態に係るリソグラフィシミュレーション方法を適用することが出来る。

【0047】

$$\sin \alpha / \sin \beta_1 = \sin \beta_3 / \sin \beta_2 = n_1 \quad \dots (11)$$

$$\beta_1^2 + \beta_2^2 = \beta_3^2 + \omega_1^2 = (\pi/2)^2 \quad \dots (12)$$

図13に示すように、処理基板は、半導体基板27と半導体基板27の上に配置されたポリシリコン膜28と、ポリシリコン膜28の上に配置された光透過物42とを有する。光透過物42は、ポリシリコン膜28の上面に接して配置されている。光透過物42の屈折率は n_2 であり、光透過物42の上面及び側面は、半導体基板27の表面に対してそれぞれ平行及び垂直である。光透過物42の上面に対して入射角度 α にて入射する光の一部は、屈折角度 β_1 にて光透過物42へ入射する。光透過物42の側面に対して入射角度 β_2 にて入射する光の一部は、屈折角度 β_3 にて光透過物42から射出される。その後、入射角度 ω_2 にて半導体基板27の表面に照射される。なお、角度 α 、 β_1 、 β_2 、 β_3 、及び ω_2 は(13)式及び(14)式を満たす。

【0048】

$$\sin \alpha / \sin \beta_1 = \sin \beta_3 / \sin \beta_2 = n_2 \quad \dots (13)$$

$$\beta_1^2 + \beta_2^2 = \beta_3^2 + \omega_2^2 = (\pi/2)^2 \quad \dots (14)$$

このように、光透過物41a、41b、42の屈折率及び処理基板の形状を考慮してスネルの法則を用いることにより、半導体基板27への入射角度 ω_1 、 ω_2 を求めることが出来、高速且つ高精度なリソグラフィシミュレーションを実施できる。なお、光透過物41a、41b、42には、酸化膜(SiO_2)、窒化膜(Si_3N_4)が含まれる。

【0049】

(第3の変形例)

図11に示したように、傾斜面32の傾斜角度 β が一定である場合、図1の領域区分け部9は、傾斜角度 β と投影レンズの開口角度 α とを比較すれば、第2の

領域 31 の存否を判断できた。しかし、図 14 に示すように、段差部の傾斜面 49 の傾斜角度が傾斜面 49 内において変化する場合、領域区分け部 9 は、傾斜面 49 上の各点の傾斜角度を考慮して第 2 の領域 31 を区分けする必要がある。

【0050】

処理基板は、半導体基板 27 と半導体基板 27 上に堆積された堆積物 43 とを有する。堆積物 43 の露出面は、傾斜開始点 47 から半導体基板 27 の表面に対して緩やかに傾斜し始め、傾斜角度を増しながら半導体基板 27 の表面においてほぼ垂直に交わっている。堆積物 43 の傾斜面 49 の傾斜角度が光の入射角度 α よりも大きい場合、段差部により影になる第 2 の領域は形成されないが、堆積物 43 の傾斜面 49 の傾斜角度が光の入射角度 α と同じ或いはそれよりも小さい場合、段差部により影になる第 2 の領域が形成される。したがって、図 1 の領域区分け部 9 は、傾斜面上の各点における傾斜角度と光の入射角度 α とを比較して、傾斜面上の各点から下ろした垂線からの距離 s に基づいて、第 1 及び第 2 の領域 30、31 を区分けする。図 14 に示す場合、傾斜面 49 の傾斜角度が光の入射角度 α と一致する傾斜面 49 上の点を段差部の頂点 48 と定義し、この頂点 48 の高さ h 及び頂点 48 から下ろした垂線からの距離に応じて第 1 及び第 2 の領域 30、31 を区分けする。

【0051】

このように、段差部の傾斜面 49 の傾斜角度が傾斜面 49 内において変化する場合であっても、高速且つ高精度なリソグラフィシミュレーションを実施することが出来る。

【0052】

(第 3 の実施の形態)

本発明の第 3 の実施の形態に係るマスクパターン補正方法は、例えば、図 15 に示すマスクパターン補正装置を用いて実施することが出来る。マスクパターン補正装置は、処理基板 29 の表面に照射される光の強度の面内分布を計算する機能を有する演算部 1 と、この演算部 1 に接続された投影光学系定数記憶部 2、処理基板形状記憶部 3、マスクパターン記憶部 4、及びプログラム記憶部 5 とを少なくとも有する。演算部 1 は、投影レンズにより一定の開口角度 α にて集められ

た光が照射される処理基板 29 の表面を、光の全部が照射される第 1 の領域 30 と、この光の一部分のみが照射される第 2 の領域 31 とに区分けする領域区分け部 9 と、第 1 の領域 30 に照射される光の強度を求める第 1 の光強度計算部 10 と、第 2 の領域 31 に照射される光の強度を求める第 2 の光強度計算部 11 と、第 1 及び第 2 の領域 30、31 に照射される光の強度に基づいて、マスクパターン 21 を用いて処理基板 29 に転写される露光パターン 46 を計算する露光パターン計算部 12 と、露光パターン 46 と所望の設計パターンの間の変動量を減じる補正を、マスクパターンの形状に対して施すマスクパターン補正部 13 とを有する。

【0053】

演算部 1 は、入出力制御部 6 を介して操作者からのデータや命令などの入力を受け付ける入力装置 7、及び処理基板の表面における光強度の分布を出力する出力装置 8 に接続されている。プログラム記憶部 5 は、マスクパターンを補正する為のコンピュータ読み取り可能なプログラムを固定的に記憶する。

【0054】

露光パターン計算部 12 は、光強度の分布に基づいて、処理基板 29 上に塗布されたレジストに形成される露光パターンの形状を計算する。マスクパターン補正部 13 は、レジスト上に形成したい所望の設計パターンと計算された露光パターンとを比較して変動量を抽出し、この変動量を減じるようにマスクパターン 21 に対して補正を加える。

【0055】

次に、図 16 を参照して、図 15 に示したマスクパターン補正装置を用いたマスクパターン補正方法を説明する。

【0056】

(イ) 先ず S01 段階において、図 15 の領域区分け部 9 は、投影レンズにより一定の開口角度 α にて集められた光が照射される処理基板 29 の表面を、光の全部が照射される第 1 の領域 30 と、光の一部分のみが照射される第 2 の領域 31 とに区分けする。具体的には、領域区分け部 9 は、投影レンズの開口数 NA_p 及びコヒーレンシー σ を含む投影光学系定数、及び段差部の高さ h 及び傾斜角度

から、射出ひとみから見て影になる第2の領域31と、影がない第1の領域30とを区分けする。

【0057】

(ロ) S02段階において、図15の第1の光強度計算部10は、第1の領域30に照射される光の強度を求める。具体的には、第1の光強度計算部10は、(3)式を用いて、投影レンズにより一定の開口角度 α にて集められた光の全体の強度 $I_0(x,y)$ を求める。

【0058】

(ハ) S03段階において、図15の第2の光強度計算部11は、第2の領域31に照射される光の強度を求める。具体的には、第2の光強度計算部11は、(3)式を用いて、投影レンズにより一定の開口角度 α にて集められた光のうち第2の領域31に照射される光の強度 $I_0(x,y)$ を求める。以上の手順を経て、処理基板29の表面における光の強度分布を求めることが出来る。

【0059】

(ニ) S04段階において、図15の露光パターン計算部12は、第1及び第2の領域30、31に照射される光の強度に基づいて、マスクパターン21を用いて処理基板29に転写される露光パターン46を計算する。

【0060】

(ホ) 最後にS05a段階において、図15のマスクパターン補正部13は、露光パターン46と所望の設計パターンの間の変動量を減じる補正を、マスクパターンの形状に対して施す。

【0061】

以上説明したように、第1及び第2の領域30、31に照射される光の強度に基づいて露光パターンを計算し、露光パターンと設計パターンとを比較してマスクパターンに対して補正を加える。このことにより、従来におけるマクスウェル方程式を用いたシミュレーション方法に比べて短時間にマスクパターンを補正できる。また、従来の平行光を仮定したシミュレーション方法に比べて高精度にマスクパターンを補正できる。即ち、本発明の第3の実施の形態によれば、高速かつ高精度なマスクパターン補正方法を提供することが出来る。

【0062】**(第4の実施の形態)**

本発明の第4の実施の形態に係る処理基板形状補正方法は、例えば、図17に示す処理基板形状補正装置を用いて実施することが出来る。処理基板形状補正装置は、処理基板29の表面に照射される光の強度の面内分布を計算する機能を有する演算部1と、この演算部1に接続された投影光学系定数記憶部2、処理基板形状記憶部3、マスクパターン記憶部4、及びプログラム記憶部5とを少なくとも有する。演算部1は、投影レンズ25により一定の開口角度 α にて集められた光が照射される処理基板29の表面を、光の全部が照射される第1の領域30と、この光の一部分のみが照射される第2の領域31とに区分けする領域区分け部9と、第1の領域30に照射される光の強度を求める第1の光強度計算部10と、第2の領域31に照射される光の強度を求める第2の光強度計算部11と、第1及び第2の領域30、31に照射される光の強度に基づいて、処理基板29に転写される露光パターン46を計算する露光パターン計算部12と、露光パターン46と所望の設計パターンの間の変動量を減じる補正を、処理基板29の形状に対して施す処理基板形状補正部14とを有する。

【0063】

演算部1は、入出力制御部6を介して操作者からのデータや命令などの入力を受け付ける入力装置7、及び処理基板の表面における光強度の分布を出力する出力装置8に接続されている。プログラム記憶部5は、処理基板29の形状を補正する為のコンピュータ読み取り可能なプログラムを固定的に記憶する。

【0064】

露光パターン計算部12は、光強度の分布に基づいて、処理基板29上に塗布されたレジストに形成される露光パターンの形状を計算する。処理基板形状補正部14は、レジスト上に形成したい所望の設計パターンと計算された露光パターンとを比較して変動量を抽出し、この変動量を減じるように処理基板29の形状に対して補正を加える。

【0065】

次に、図18を参照して、図17に示した処理基板形状補正装置を用いた処理

基板形状補正方法を説明する。

【0066】

(イ) 先ず S 0 1 段階において、図 1 7 の領域区分け部 9 は、投影レンズにより一定の開口角度 α にて集められた光が照射される処理基板 2 9 の表面を、光の全部が照射される第 1 の領域 3 0 と、光の一部分のみが照射される第 2 の領域 3 1 とに区分けする。具体的には、領域区分け部 9 は、投影レンズの開口数 NA_p 及びコヒーレンシー σ を含む投影光学系定数、及び段差部の高さ h 及び傾斜角度から、射出ひとみから見て影になる第 2 の領域 3 1 と、影がない第 1 の領域 3 0 とを区分けする。

【0067】

(ロ) S 0 2 段階において、図 1 7 の第 1 の光強度計算部 1 0 は、第 1 の領域 3 0 に照射される光の強度を求める。具体的には、第 1 の光強度計算部 1 0 は、(3) 式を用いて、投影レンズにより一定の開口角度 α にて集められた光の全体の強度 $I_0(x, y)$ を求める。

【0068】

(ハ) S 0 3 段階において、図 1 7 の第 2 の光強度計算部 1 1 は、第 2 の領域 3 1 に照射される光の強度を求める。具体的には、第 2 の光強度計算部 1 1 は、(3) 式を用いて、投影レンズにより一定の開口角度 α にて集められた光のうち第 2 の領域 3 1 に照射される光の強度 $I_0(x, y)$ を求める。以上の手順を経て、処理基板 2 9 の表面における光の強度分布を求めることが出来る。

【0069】

(ニ) S 0 4 段階において、図 1 7 の露光パターン計算部 1 2 は、第 1 及び第 2 の領域 3 0、3 1 に照射される光の強度に基づいて、処理基板 2 9 に転写される露光パターン 4 6 を計算する。

【0070】

(ホ) 最後に S 0 5 b 段階において、図 1 7 の処理基板形状補正部 1 4 は、露光パターン 4 6 と所望の設計パターンの変動量を減じる補正を、処理基板 2 9 の形状に対して施す。

【0071】

以上説明したように、第 1 及び第 2 の領域 3 0、3 1 に照射される光の強度に基づいて露光パターンを計算し、露光パターンと設計パターンとを比較して処理基板の形状に対して補正を加える。このことにより、従来におけるマクスウェル方程式を用いたシミュレーション方法に比べて短時間に処理基板の形状を補正できる。また、従来の平行光を仮定したシミュレーション方法に比べて高精度に処理基板の形状を補正できる。即ち、本発明の第 4 の実施の形態によれば、高速かつ高精度な処理基板形状補正方法を提供することが出来る。

【0 0 7 2】

上記のように、本発明は、第 1 乃至第 4 の実施の形態及びその変形例によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。

【0 0 7 3】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、高速かつ高精度なリソグラフィシミュレーション方法、マスクパターン補正方法及び処理基板形状補正方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係るリソグラフィシミュレーション方法を実施するために用いるリソグラフィシミュレーション装置を示すブロック図である。

【図 2】

マスクパターン 2 2 が下地パターンであるポリシリコン膜 2 8 の平面形状に対して直交しない場合の処理基板の表面の段差形状及び投影光学系を示す模式図である。

【図 3】

図 2 の処理基板 2 9 の段差部分を拡大した断面図である。

【図 4】

射出ひとみ 2 5 の形状及びけられ部分 2 3 を示す平面図である。

【図 5】

図 1 に示したリソグラフィシミュレーション装置を用いたリソグラフィシミュレーション方法を示すフローチャートである。

【図 6】

レジストパターン 6 2、6 3 がポリシリコン膜 6 1 の平面形状に対して平行に配置されているレイアウトを示す平面図である。

【図 7】

図 7 (a) は図 6 の D-D' 切断面に沿った第 2 のレジストパターン 6 3 の断面図であり、図 7 (b) は図 6 の C-C' 切断面に沿った第 1 のレジストパターン 6 2 の断面図である。

【図 8】

マスクパターン 2 1 が下地パターンであるポリシリコン膜 2 8 の平面形状に対して直交する場合の処理基板の表面の段差形状及び投影光学系を示す模式図である。

【図 9】

本発明の第 2 の実施の形態に係るプロセスシミュレーション方法を用いて行ったシミュレーション結果を示す平面図である。

【図 10】

図 9 の第 1 の領域 3 0 内の B-B 切断面における光強度の分布、及び第 2 の領域 3 1 内の A-A 切断面における光強度の分布を示すグラフである。

【図 11】

段差部の傾斜面 3 2 が半導体基板 2 7 表面に対して垂直でない場合を示す断面図である。

【図 12】

半導体基板 2 7 上に光透過物 4 1 a、4 1 b が配置されている場合の光の屈折を示す断面図である。

【図 13】

半導体基板 2 7 上に光透過物 4 2 が配置されている場合の光の屈折を示す断面図である。

【図 1 4】

段差部の傾斜面の傾斜角度が変化する場合の光のけられ部分の特定方法を説明する断面図である。

【図 1 5】

本発明の第 3 の実施の形態に係るマスクパターン補正方法を実施するために用いるマスクパターン補正装置を示すブロック図である。

【図 1 6】

図 1 5 に示したマスクパターン補正装置を用いたマスクパターン補正方法を示すフローチャートである。

【図 1 7】

本発明の第 4 の実施の形態に係る処理基板形状補正方法を実施するために用いる処理基板形状補正装置を示すブロック図である。

【図 1 8】

図 1 7 に示した処理基板形状補正装置を用いた処理基板形状補正方法を示すフローチャートである。

【符号の説明】

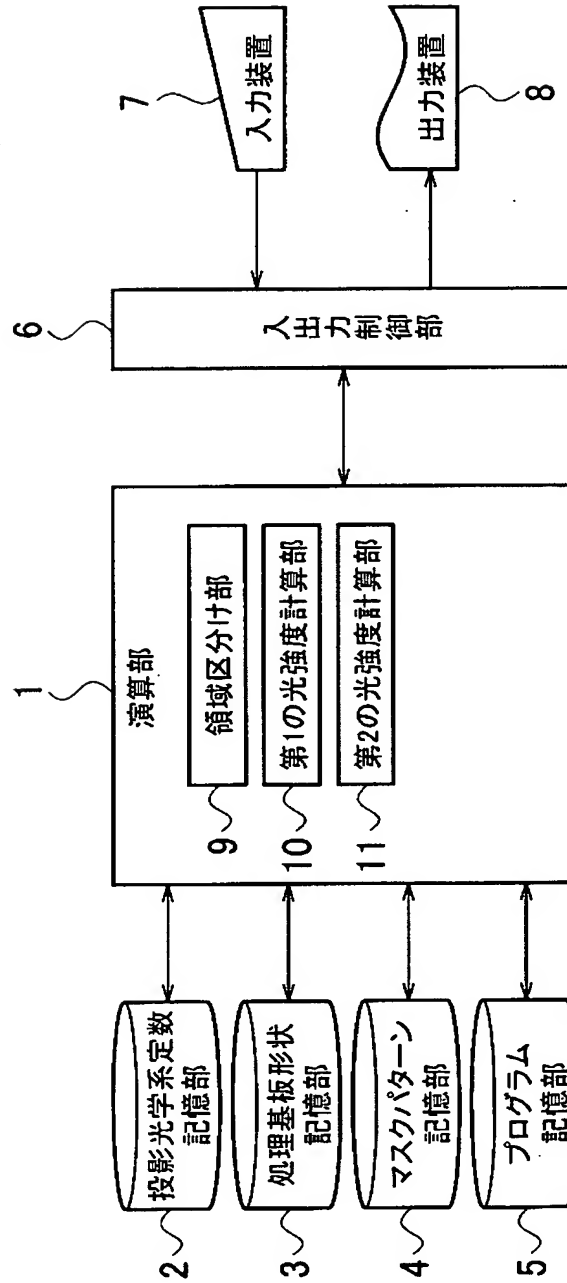
- 1 …演算部
- 2 …投影光学系定数記憶部
- 3 …処理基板形状記憶部
- 4 …マスクパターン記憶部
- 5 …プログラム記憶部
- 6 …入出力制御部
- 7 …入力装置
- 8 …出力装置
- 1 0 …第 1 の光強度計算部
- 1 1 …第 2 の光強度計算部
- 1 2 …露光パターン計算部
- 1 3 …マスクパターン補正部
- 1 4 …処理基板形状補正部

2 1、2 2…マスクパターン
2 5…射出ひとみ
2 7、6 0…半導体基板
2 8、6 1…ポリシリコン膜
2 9…処理基板
3 0…第 1 の領域
3 1…第 2 の領域
3 2、4 9…傾斜面
4 1 a…光透過物
4 2…光透過物
4 3…堆積物
4 5、4 8…頂点
4 6…露光パターン
4 7…傾斜開始点
6 2…第 1 のレジストパターン
6 3…第 2 のレジストパターン
6 4～6 7…側面

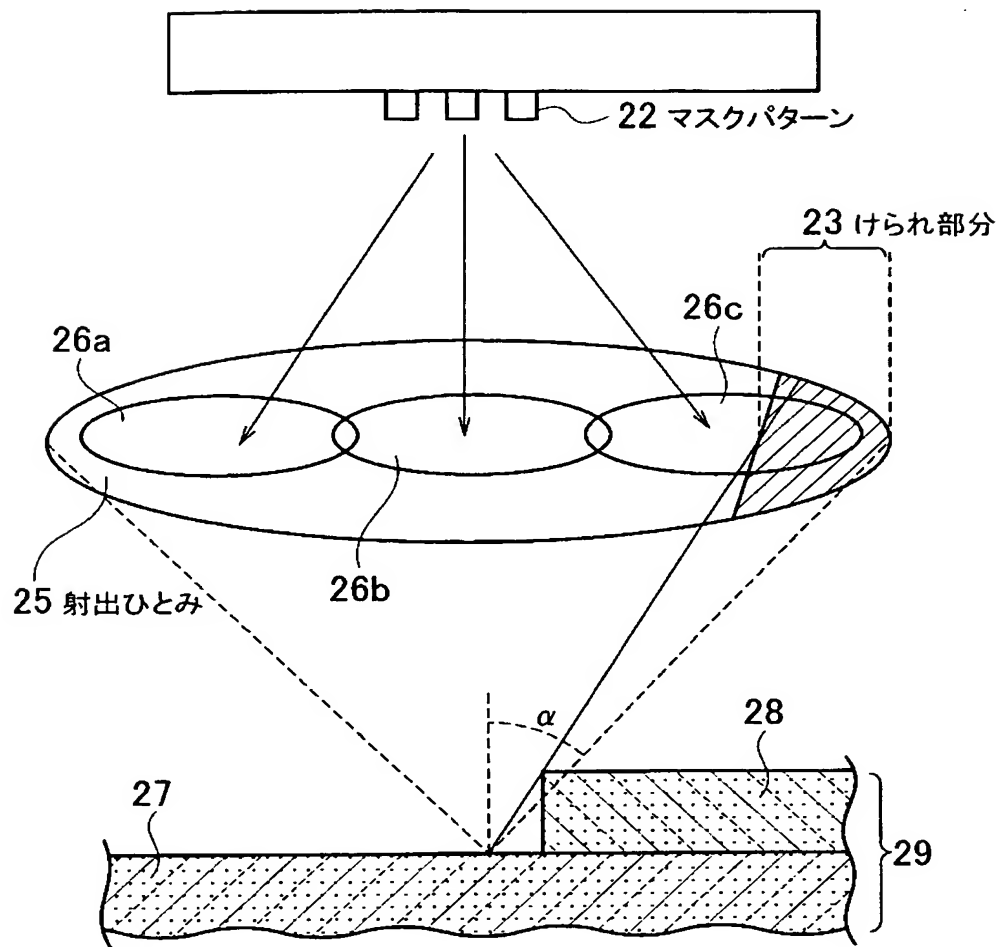
【書類名】

図面

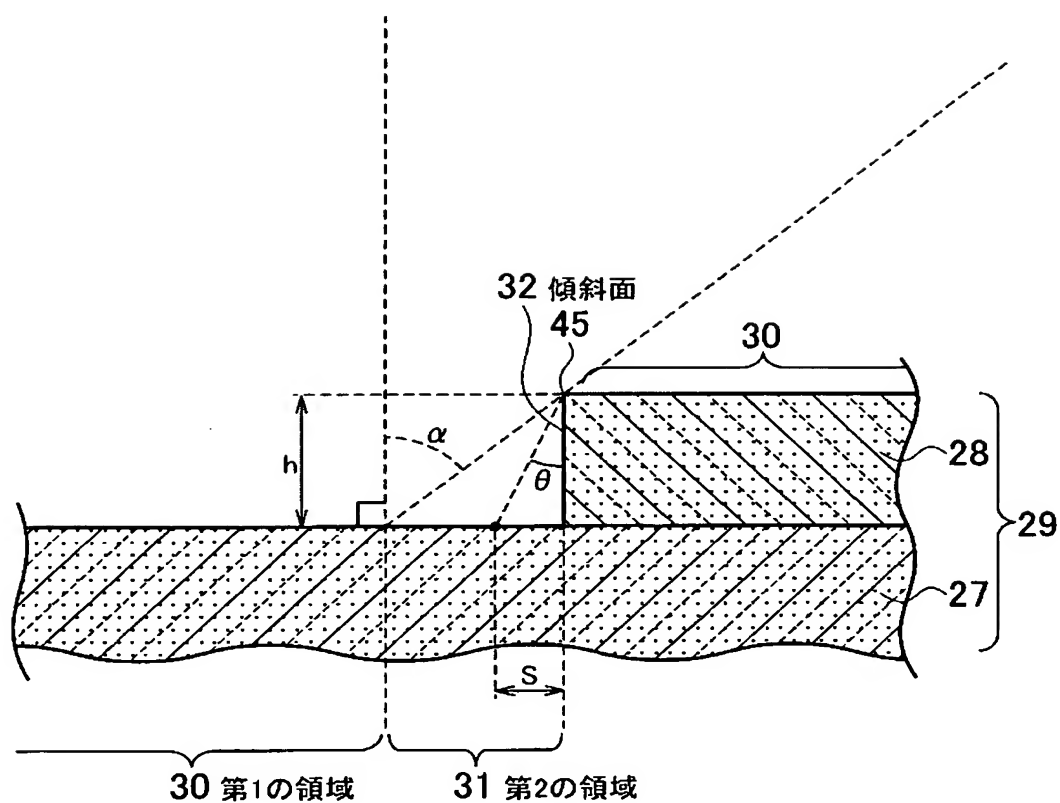
【図 1】



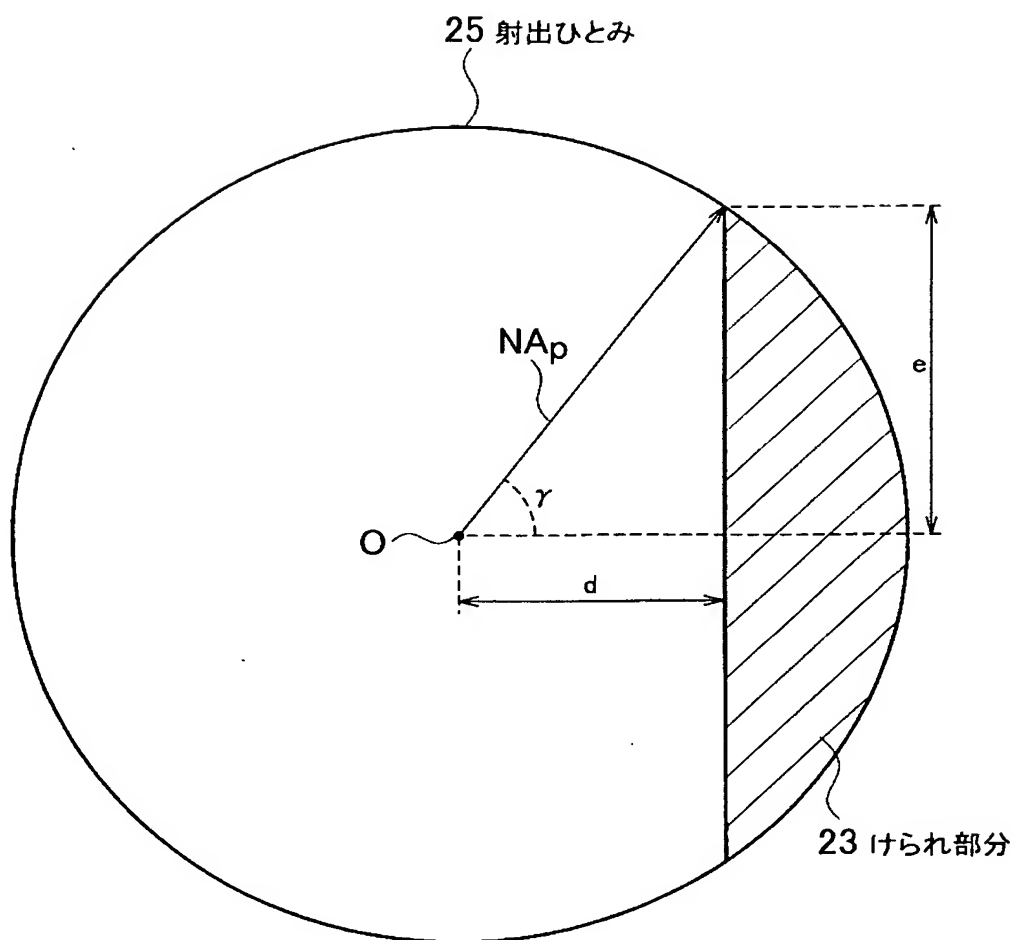
【図 2】



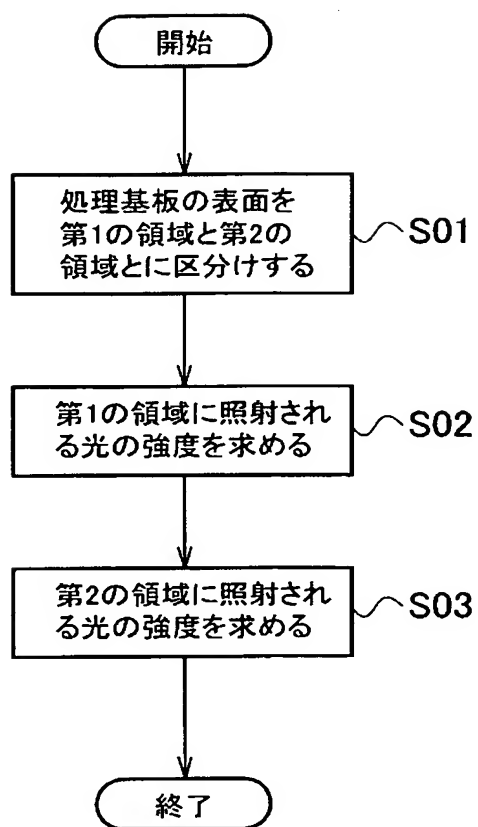
【図 3】



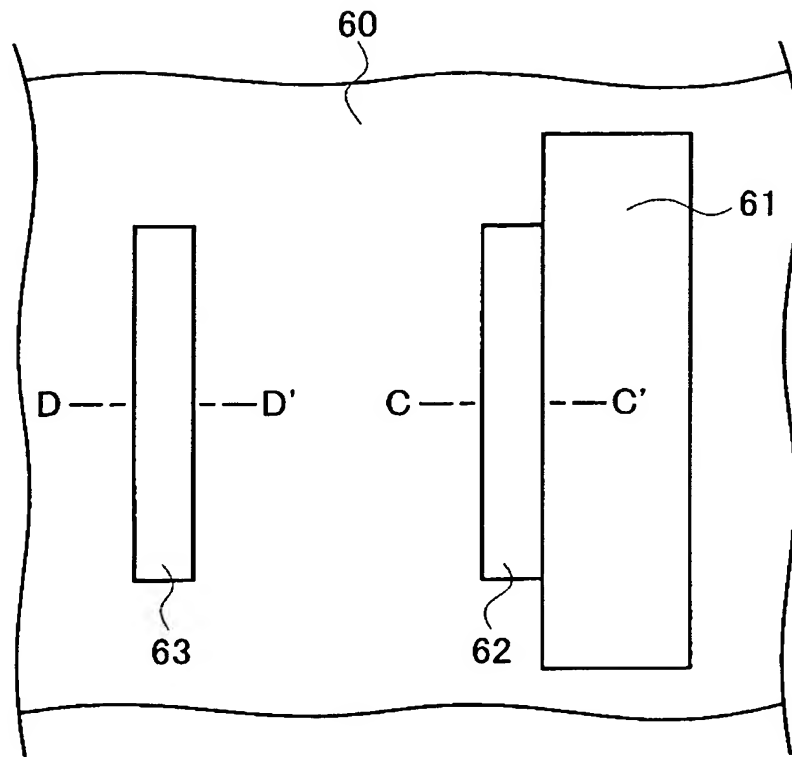
【図 4】



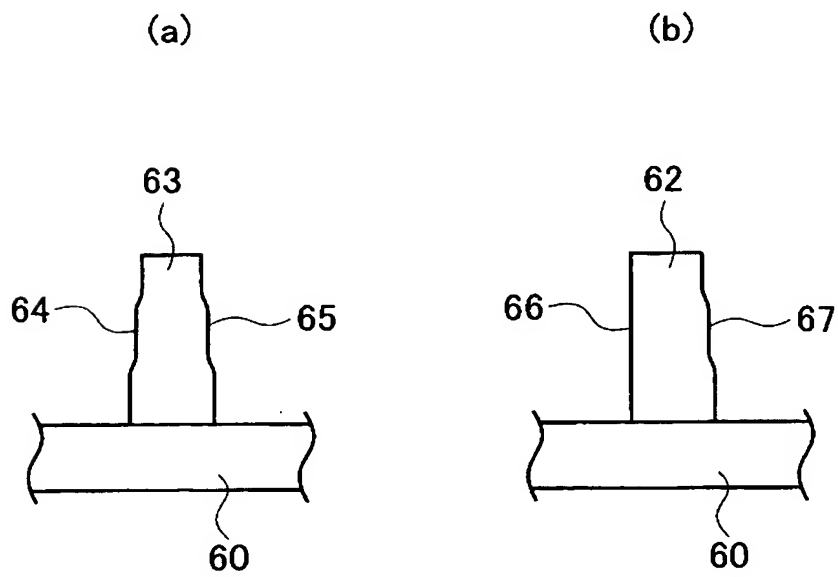
【図 5】



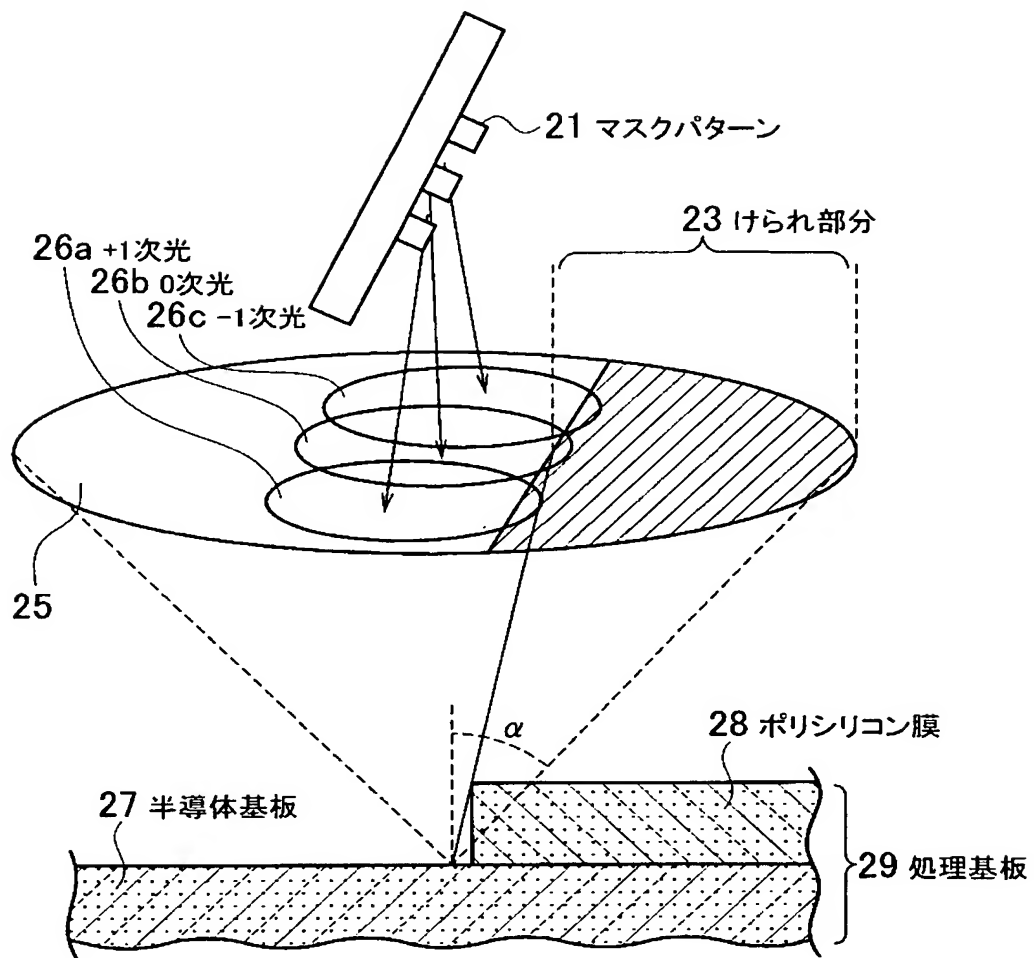
【図 6】



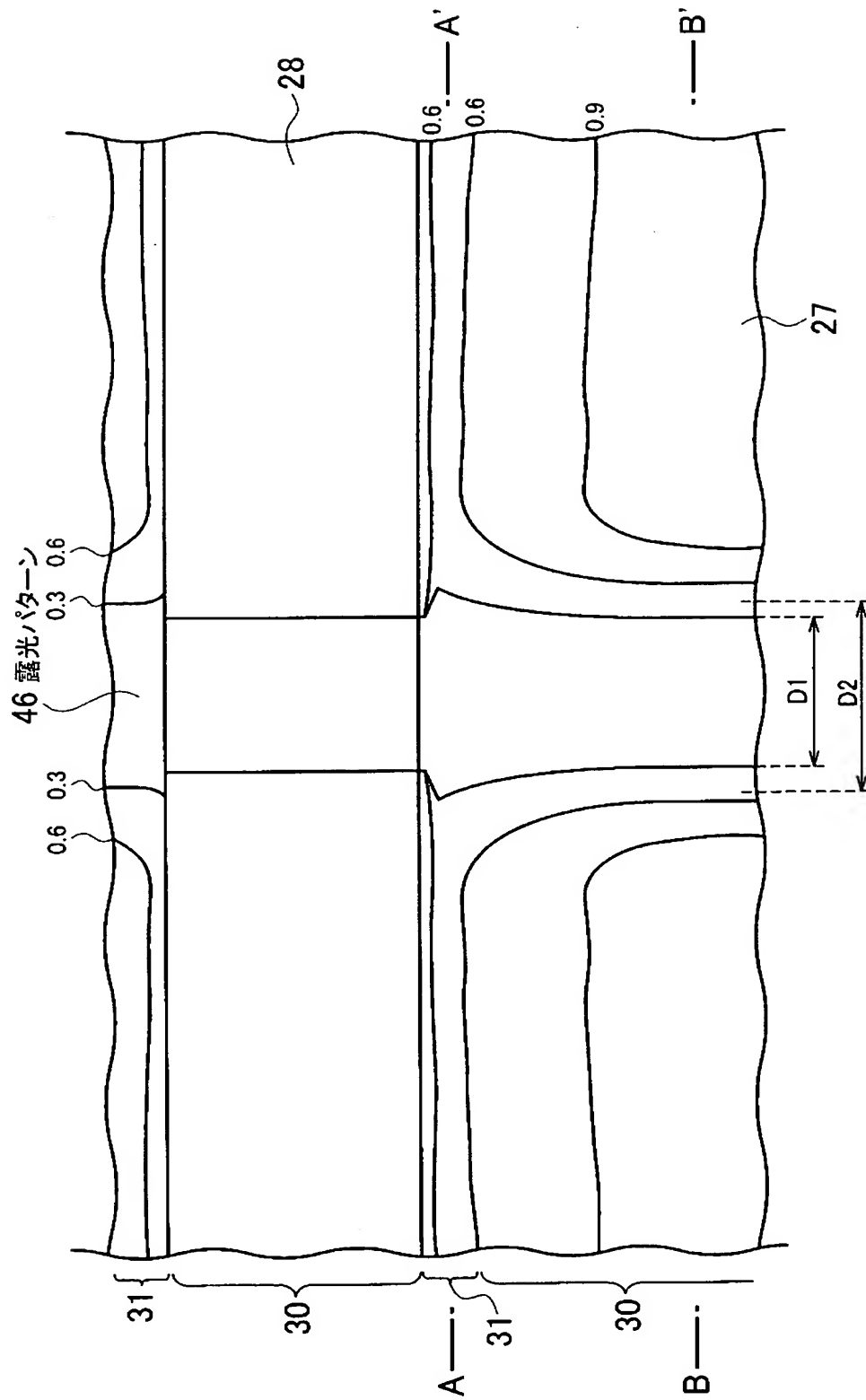
【図 7】



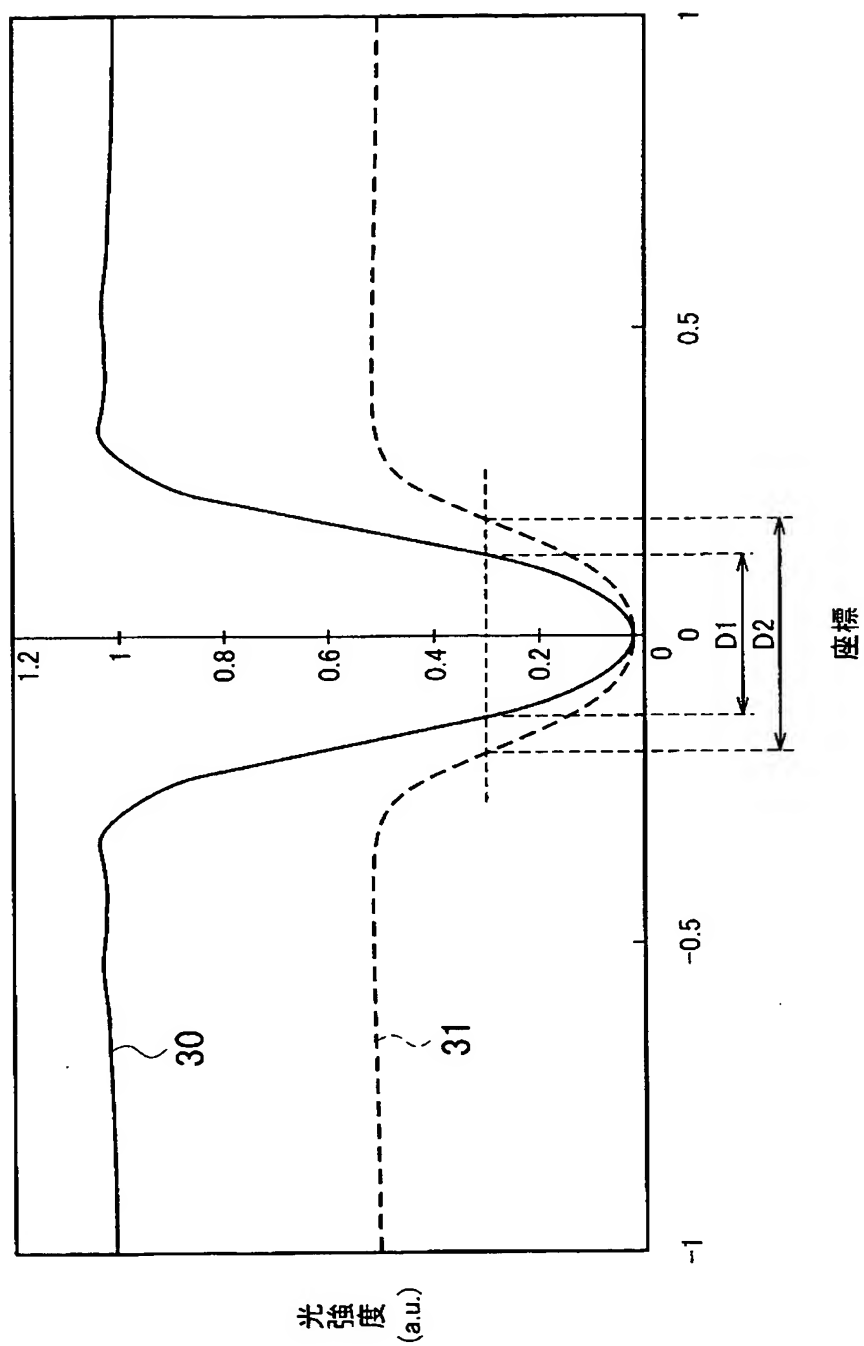
【図 8】



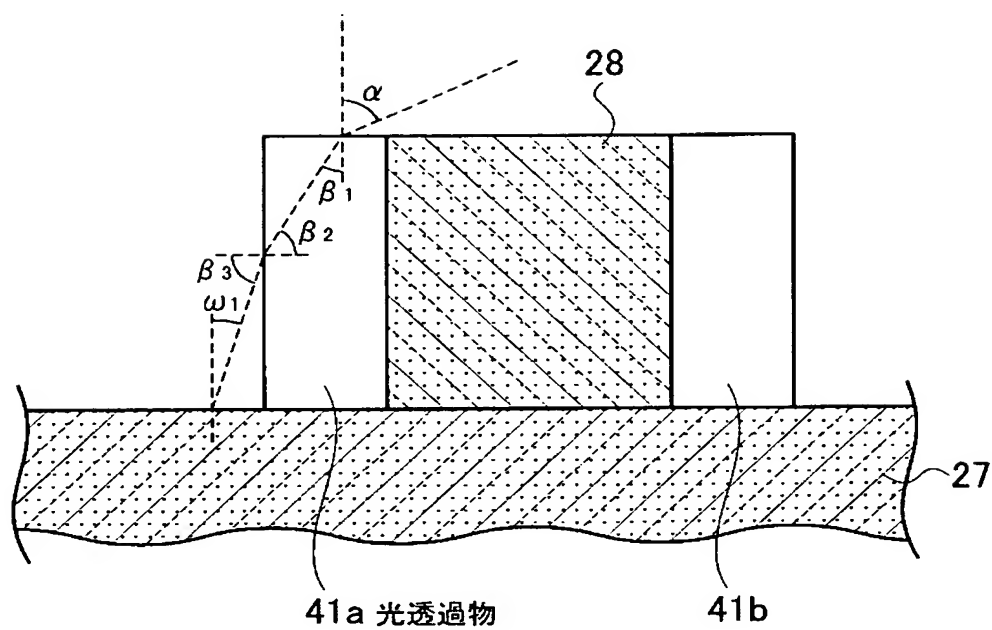
【図 9】



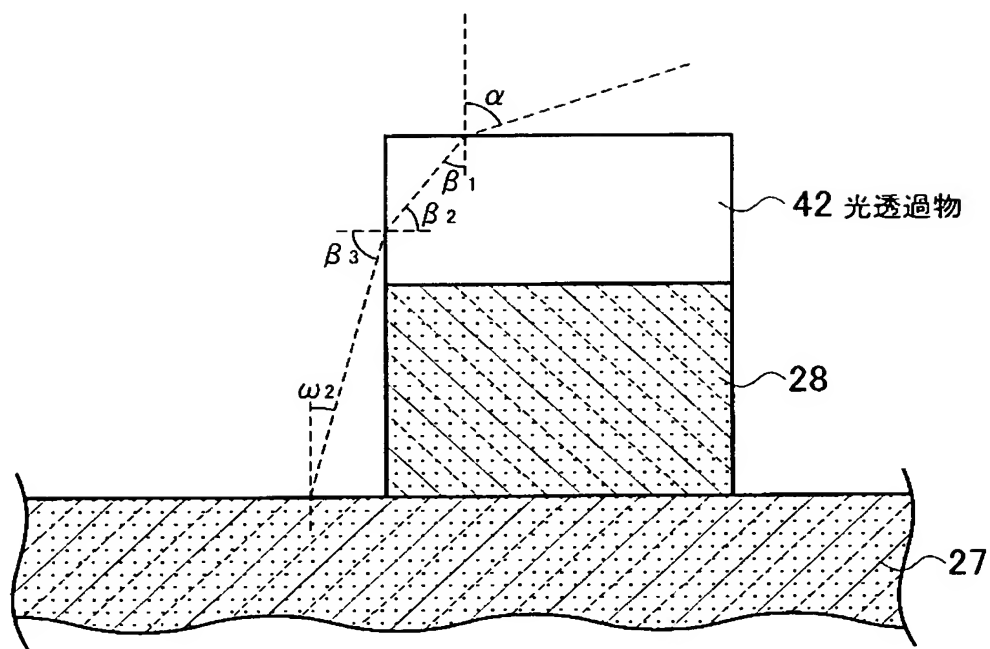
【図 10】



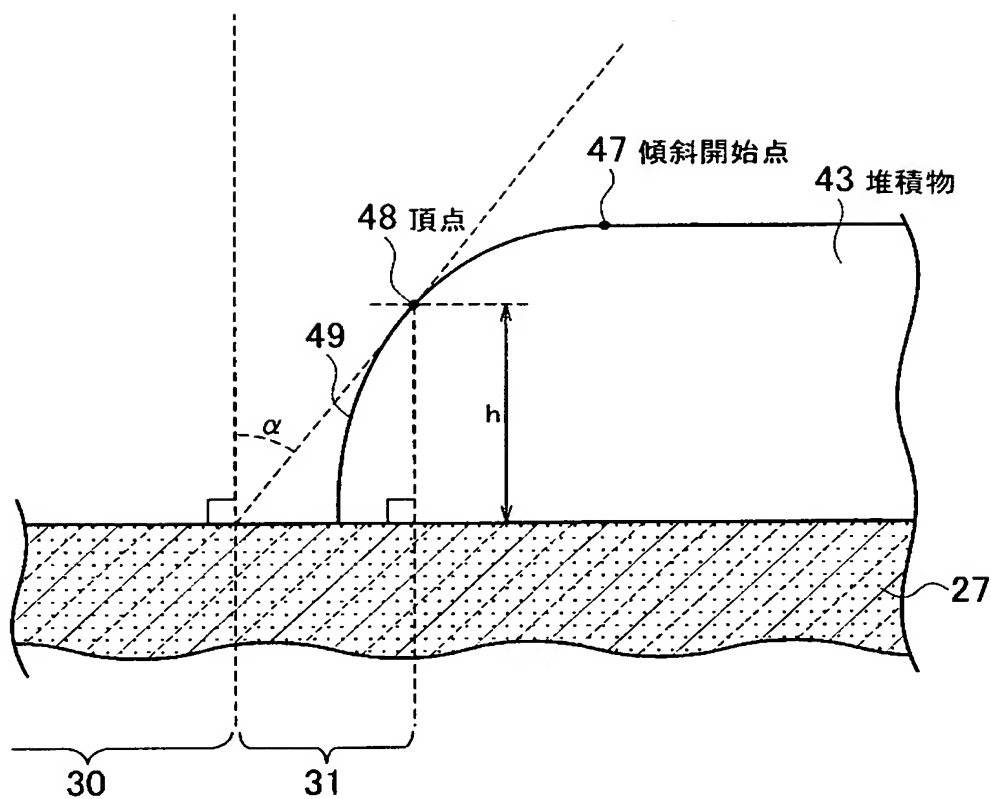
【図 12】



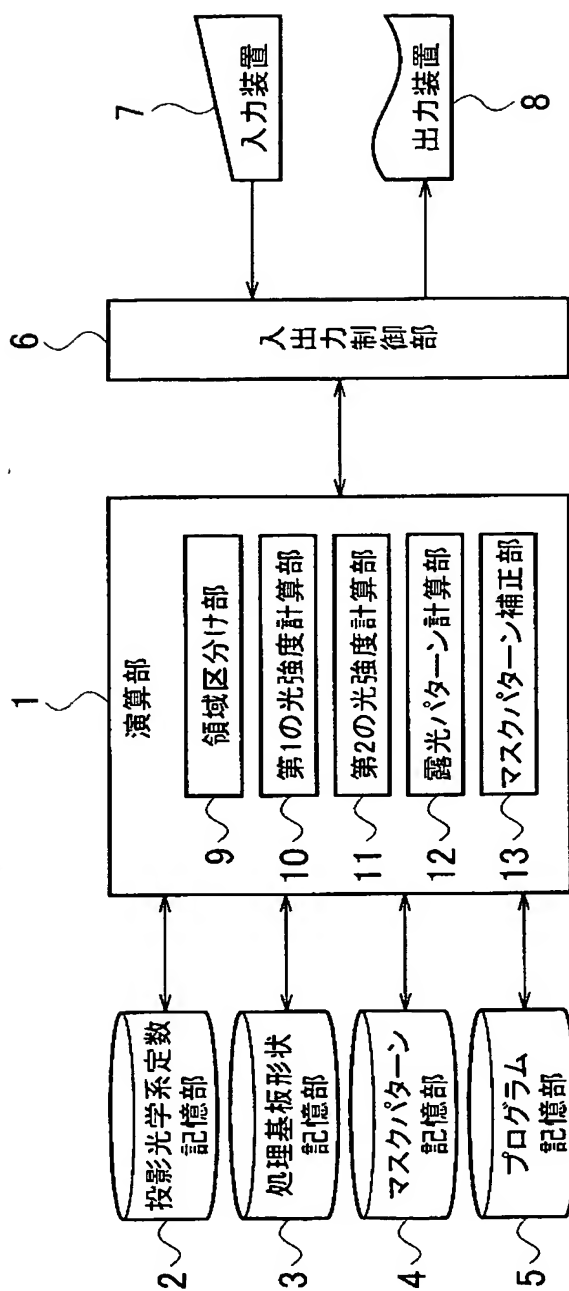
【図 13】



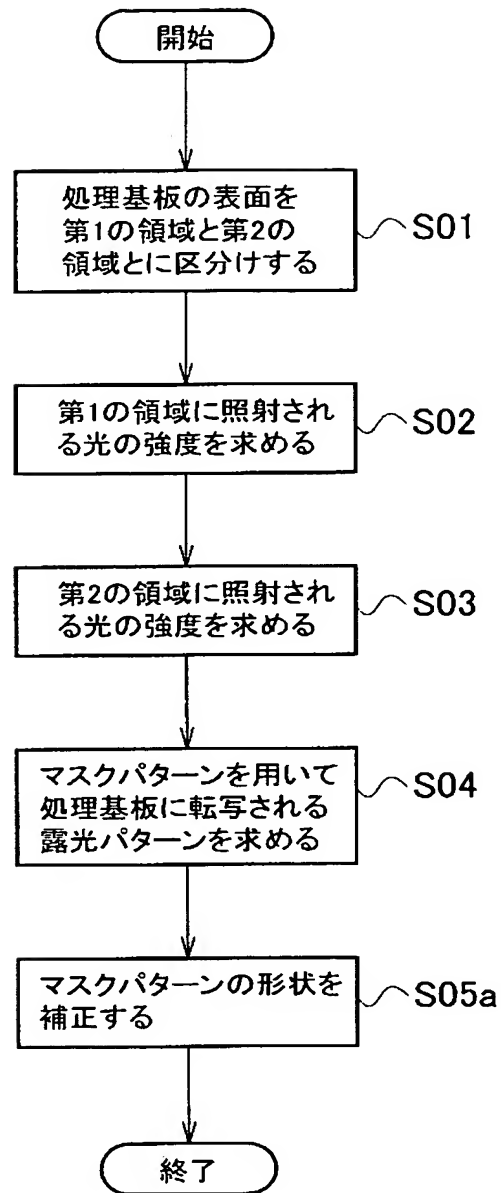
【図 14】



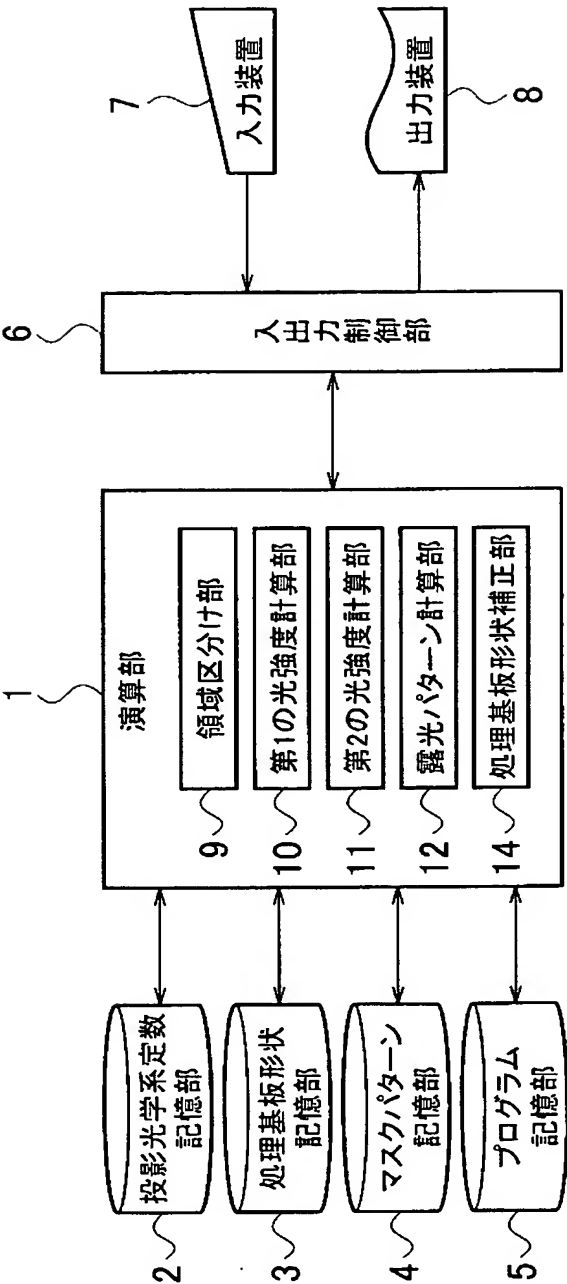
【図 15】



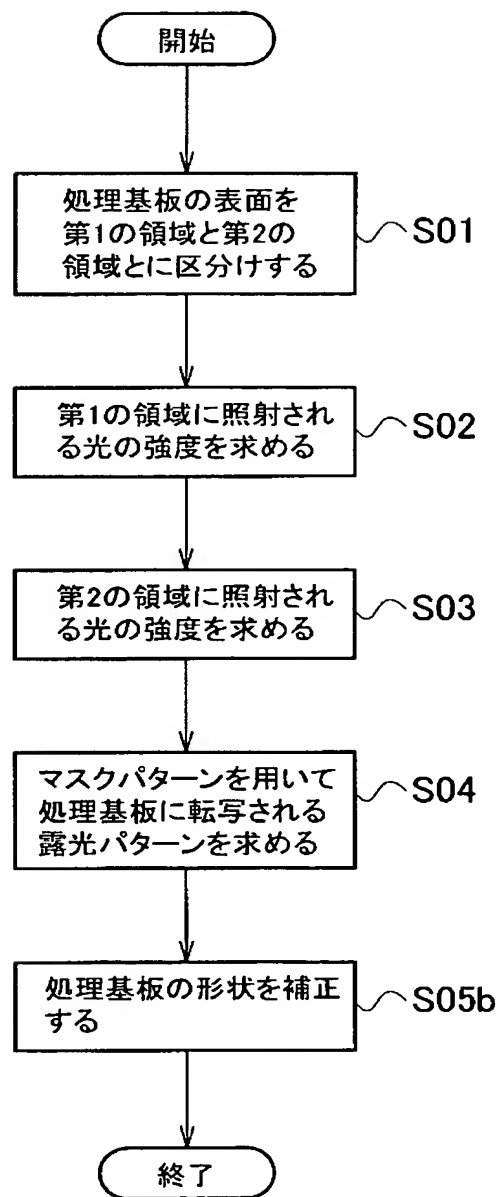
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高速かつ高精度なリソグラフィシミュレーション方法、マスクパターン補正方法及び処理基板形状補正方法を提供する。

【解決手段】 投影レンズにより一定の開口角度にて集められた光が照射される処理基板の表面を、光の全部が照射される第 1 の領域と、光の一部分のみが照射される第 2 の領域とに区分けする段階と、第 1 の領域に照射される光の強度を求める段階と、第 2 の領域に照射される光の強度を求める段階とを有する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 4 4 4 4 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

氏 名

株式会社東芝